

**Zadanie 3**

Rozważmy prostopadłościenną taflę lodu o wymiarach  $a \times b \times h$ , gdzie  $a \gg h$ ,  $b \gg h$ . Tafla ta przesuwa się z prędkością  $v$  po płaskiej, poziomej powierzchni.

a) Jakie jest największe  $v$ , przy którym tafla nie zacznie się topić. Tafla porusza się w takich warunkach, że temperatura jej górnej powierzchni jest równa  $T_{ot} = -10^\circ\text{C}$ .

Współczynnik przewodnictwa cieplnego lodu jest równy  $\lambda = 2,3 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ , natomiast powierzchnia, po której przesuwa się tafla, nie przewodzi ciepła. Współczynnik tarcia suchej powierzchni lodu o tę powierzchnię jest równy  $f = 0,1$ . Obliczenia wykonaj dla (i)  $a = 0,3\text{m}$ ,  $b = 0,3\text{m}$ ,  $h = 0,02\text{m}$ , (ii)  $a = 2\text{m}$ ,  $b = 2\text{m}$ ,  $h = 0,1\text{m}$  (fragment kry) oraz dla (iii)  $a = 30\text{m}$ ,  $b = 30\text{m}$ ,  $h = 2\text{m}$  (oderwany fragment lodowca w górach).

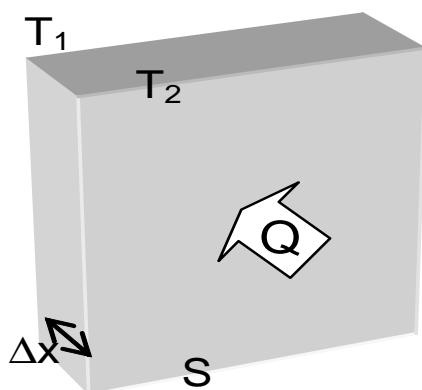
Gęstość lodu jest równa  $\rho_L = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , a przyspieszenie ziemskie  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Współczynnik przewodnictwa cieplnego danego ośrodka jest zdefiniowany następująco:

Rozważmy dwie równoległe, odległe o  $\Delta x$  warstwy ośrodka, o powierzchni  $S$  każda (patrz rysunek). Jeśli temperatury warstw wynoszą odpowiednio  $T_1$  i  $T_2$ , to

$$\lambda = \frac{Q/\Delta t}{S} \frac{\Delta x}{|T_2 - T_1|},$$

gdzie  $Q$  jest ilością ciepła przepływającego w ciągu czasu  $\Delta t$  od warstwy cieplejszej do chłodniejszej.

**Rozwiązanie zadania 3**

Gdy tafla zaczyna się topić, to temperatura jej dolnej powierzchni jest równa  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ . Szybkość ciepła (moc) odprowadzanego przez taflę jest równa

$$M_Q = \lambda \frac{T_0 - T_{ot}}{h} ab. \quad (17)$$

Ponieważ siła tarcia  $F_R$  jest równa  $abh\rho_L g f$ , praca wykonywana przeciwko niej w jednostce czasu (czyli moc) wynosi

$$M_T = F_R v = abh\rho_L g f v. \quad (18)$$

Lód będzie się topił, jeśli ciepło wytwarzane w wyniku tarcia będzie większe od ciepła wypływającego z górnej powierzchni tafli, czyli gdy  $M_T > M_Q$ . W granicznym przypadku  $M_T = M_Q$  otrzymujemy

$$abh\rho_L g f v = \lambda \frac{T_{ot} - T_0}{h} ab. \quad (19)$$

Stąd

$$v = \lambda \frac{T_0 - T_{ot}}{h^2 \rho_L g f}. \quad (20)$$

Dla wartości podanych w treści zadania otrzymujemy ( $T_{ot} = -10^\circ\text{C}$ ):

$$(i) \text{ dla } h = 0,02\text{ m} : v \approx 65 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad (21)$$

$$(ii) \text{ dla } h = 0,1 \text{ m} : v \approx 2,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad (22)$$

$$(iii) \text{ dla } h = 2 \text{ m} : v \approx 0,0065 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \quad (23)$$